

# PARENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 61-283121

(43)Date of publication of application : 13.12.1986

(51)Int.Cl.

H01L 21/30

H01J 37/20

H01J 37/305

(21)Application number : 60-124323

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>

(22)Date of filing : 10.06.1985

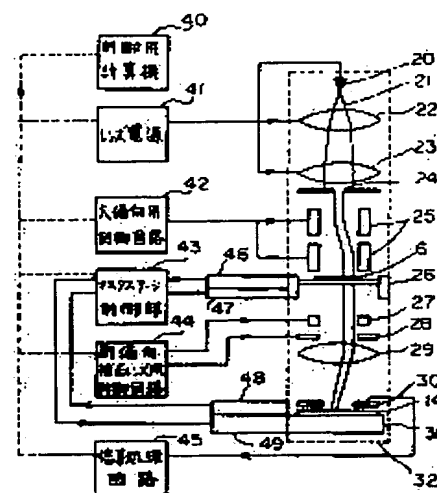
(72)Inventor : SHIMAZU NOBUO

## (54) CHARGED BEAM PROJECTING EXPOSURE DEVICE

### (57)Abstract:

**PURPOSE:** To enable accurately the contracted image of a mask pattern to be transferred on a sample surface at high speed by providing an electro-optical system having a mask stage for placing a mask, a sample stage for placing a sample and a unit for scanning a charged beam on the mask.

**CONSTITUTION:** An electron beam 21 from an electron gun 20 is emitted through emitting lenses 22, 23, a beam forming aperture 24 to a mask 6 on a mask stage 26. The electron beam image of the mask 6 is projected as a contracted image on a sample 14 through a contracting projection lens 29 to print (draw) a pattern. A large deflector 25 scans a beam on the mask 6. The emitting position is corrected by a small deflector 27 in the scanning step. The deflector 27 is used to small-deflect to scan the mask. The pattern is drawn on the entire surface of the sample while moving the stage 26 and a sample stage 31. In this case, the moving error is corrected by information of a mask stage laser length measuring unit 46 and a sample stage laser length measuring unit 48.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

503p0919 wood

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭61-283121

⑬ Int.Cl.<sup>4</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 昭和61年(1986)12月13日

H 01 L 21/30  
H 01 J 37/20  
37/305

G-7376-5F  
7129-5C  
7129-5C

審査請求 未請求 発明の数 2 (全12頁)

⑮ 発明の名称 荷電ビーム投影露光装置

⑯ 特 願 昭60-124323

⑰ 出 願 昭60(1985)6月10日

⑱ 発 明 者 島 津 信 生 厚木市森の里若宮3番1号 日本電信電話株式会社厚木電気通信研究所内

⑲ 出 願 人 日本電信電話株式会社 東京都千代田区内幸町1丁目1番6号

⑳ 代 理 人 弁理士 山川 政樹 外1名

# 明 細 書

## 1. 発明の名称

荷電ビーム投影露光装置

## 2. 特許請求の範囲

(1) 荷電ビームを用いてパターンの像を投影する荷電ビーム投影露光装置において、マスクを搭載するマスクステージと試料を搭載する試料ステージとを有する電子光学系を備え、パターンの縮小像を高速かつ高精度に投影することを特徴とする荷電ビーム投影露光装置。

(2) 電子光学系は複数であることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の荷電ビーム投影露光装置。

(3) 電子光学系は共通のマスクステージと試料ステージとを有することを特徴とする特許請求の範囲第2項記載の荷電ビーム投影露光装置。

(4) 荷電ビームを用いてパターンの像を投影する荷電ビーム投影露光装置において、マスクを搭載するマスクステージと、試料を搭載する試料ステージと、前記マスクステージおよび試料ステージを連続的に移動させている間マスク上を荷電ビーム

で走査する装置とを有する電子光学系を備え、パターンの縮小像を高速かつ高精度に投影することを特徴とする荷電ビーム投影露光装置。

(5) 電子光学系は複数であることを特徴とする特許請求の範囲第4項記載の荷電ビーム投影露光装置。

## 3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は半導体LSI等の製造のために、電子ビームを用いて、マスクパターンの縮小像を試料面に高速かつ高精度に転写する装置に関するものである。

(従来技術)

従来、LSI等の半導体の製造のために電子ビームを用いてマスクパターンを試料(ウェハ)上に転写するものとして、マスクから発生させる光電子を用いて描画するもの(以下「光電子描画装置」という)と、穴開きマスク(シャドウマスク)に電子ビームを照射してその電子ビーム像を試料面に結像させて描画するもの(以下「穴開きマスク描画装置」という)とがあった。光電子描画

装置は、たとえば、ジェイ・ビー・スコット、1 : 1 エレクトロン イメージ プロジェクター、ソリッド ステート テクノロジー / 5 月、1977 (J.P.Scot, Electron Image Projector, Solid State Technology / May, 1977) で発表されている。これは、一様磁界と一様電界を重畳させた特殊な電子光学系を用いることで、発生した光電子のすべてを試料面に照射できるようにしたもので、電流密度が極めて低く、かつ、エネルギー分散の大きい光電子発生源の問題を解決している。

しかしながら、この方法は次のような欠点を有していた。

- (a) パターンの微細化に伴い必要度を増しているパターンの縮小ができない。仮に縮小光学系を付加してこれを行おうとしても電子光学系の収差の面で極めてわずかの光電子しか利用できず、その生産性が極端に低下する。
- (b) 投影図形の形状の補正ができない。またマーク検出のための電流密度が低いために高精度な合わせ描画ができない。

Y の両方向において位置の変化を伴わずにパターン描画した例である。これを、Y 方向の走査に連動させて仮に X 方向のみに限って照射位置を変えることで、第 7 図 (b) から (f) までの投影図形の变形が可能である。これらに Y 方向の照射位置の変化を重畳させてさらに複雑な変形を実現できる。第 8 図はこの技術に用いられているマスクとそのパターンを試料面上に転写した例を示す。第 8 図 (a) において、10 はマスクパターン、11 はマスク 6 内のマーク（穴開きマーク）であり、第 8 図 (b) において、12 は試料 14 面上の合わせマーク、13 は試料 14 面上への 10 の投影図形である。描画に際しては、試料 14 を所定の位置に位置させた後、大偏向器 4 でビーム束をマスク 6 内のマーク 11 に当てた後、小偏向器 5 で合わせマーク 12 上を小振幅走査して 1 回のマーク検出をする。この動作を 4 回繰り返す。これにより、投影図形 13 に相当する試料面領域の変形量とマスクパターン 10 自身の形状の変形量の和が求まる。このデータを用いて試料面の所期の位置にマスク 6 上

(c) 光電子発生部の寿命が短い。

穴開きマスク描画装置は、たとえば、エッチ・ボレン他、ハイ スループット サブミクロン リソグラフィ ウイズ エレクトロン ビーム プロキシミティ プリンティング、ソリッド ステート テクノロジー / 9 月、1984 (H.Bohlen et al. High Throughput Submicron Lithography with Electron Beam Proximity Printing, Solid State Technology / September, 1984) で報告されている。これを第 6 図～第 9 図で説明する。

第 6 図は電子光学系を示しており、1 は電子銃、2 は照射レンズ、3 は電子ビーム、4 は大偏向器（アライナ）、5 は小偏向器（小アライナ）、6 はパターンマスク、7 はマスク保持具である。ここで、マスク 6 を照射する電子ビーム 3 は図示のように平行束となっており、大偏向器 4 がこのビーム束をマスク 6 上で走査する。走査の際、小偏向器 5 を用いてビーム束の傾きを僅かに変えることでマスクの投影図形の形状を僅かに変えることができる。これを第 7 図に示す。第 7 図 (a) は X、

の各パターンが正確に投影されるように、第 7 図で述べた照射位置の補正をしながらパターン描画をする。この描画は大偏向器 4 を用いてマスクパターン 10 上の全面をビーム束が走査するようにすればよい。この動作の後、試料 14 を移動させて同じ動作を繰り返すことで第 8 図に示すように資料面全面のパターン描画が完了する。

なお、本技術ではドーナツ状のマスクパターンに対しては、第 9 図 (a) に示すような一組の相補マスク 15 と 16 を用いて前述したパターン描画を 2 回繰り返すことで第 9 図 (b) に示す完全なパターン 17 を転写している。この方法では、一連の描画動作は倍増するが、従来の微細なメッシュ等でドーナツ内部を支持する方法に比べて、マスク 6 の製作が容易であり、メッシュ部でのビームの散乱がないため、現段階では実用的には相補マスクの方が優れている。

以上述べてきたように、この穴開きマスク描画装置は光電子描画装置と比較して高い電流密度で生産性良くパターンを転写できるほか、マーク検

出時の電流密度も高い。それだけ高速かつ高精度のマーク検出が可能であり、かつ、マスクおよび試料の複雑な変形に対する正確な補正が可能という長所を持っている。

〔発明が解決しようとする問題点〕

しかしながら、この穴開きマスク描画装置は次に示すような欠点を有している。

- ① パターンの縮小ができない。
- ② 大偏向器 4 での偏向領域として少なくとも  $S$  I チップの領域以上の範囲が必要となり、このための偏向に伴う電子光学系各部の収差が増大し、この点でもますます微細化する半導体パターンの転写に対応できない。
- ③ マーク検出時のビーム位置はビーム軸から最も大きく隔たっているチップの角となるため、反射電子検出器の信号の対称性が失われることによるマーク検出精度の劣化が存在する。

〔問題点を解決するための手段〕

このような欠点を除去するために本発明は、マスクを搭載するマスクステージと試料を搭載する

試料ステージとを有し、電子光学系を設けるようにしたものである。

また上記電子光学系に、マスクステージおよび試料ステージを連続的に移動させている間マスク上を荷電ビームで走査する装置を付加したものである。

〔作用〕

本発明においては、マスクパターンの荷電ビーム縮小像をパターン転写すると同時に、転写動作の際、縮小図形の形状を所期の図形の通りとなるように補正しながら転写する。また、描画動作の際、マスクと試料とを連続的に移動させながら描画する。

〔実施例〕

第 1 図は本発明の第 1 の実施例であって、20 は電子銃、21 は電子ビーム、22 は第 1 照射レンズ、23 は第 2 照射レンズ、24 はビーム成形アパーチャ、25 はマスク上を荷電ビームで走査する装置としての大偏向器、26 はマスクステージ、27 は小偏向器、28 は焦点補正レンズ、2

9 は縮小投影レンズ、30 は試料面高さと反射電子の検出器、31 は試料ステージ、32 は電子光学系である。また 40 は制御用計算機、41 はレンズ電源、42 は大偏向用制御回路、43 はステージ制御部、44 は副偏向・補正レンズ用制御回路、45 は信号処理回路、46 はマスクステージ用レーザ測長機、47 はマスクステージ駆動装置、48 は試料ステージ用レーザ測長機、49 は試料ステージ駆動装置である。第 1 図において第 6 図、第 8 図、第 9 図と同一部分又は相当部分には同一符号が付してある。

このように構成された装置の動作の説明に先立ち、電子光学系 32 の動作の説明を第 2 図で行う。第 2 図において 50 はビーム成形レンズである。電子銃 20 からの電子ビーム 21 は、照射レンズ 22、23 で所定の分布の平行ビーム束となって、ビーム成形アパーチャ 24 上を照射する。ビーム成形アパーチャ 24 のアパーチャを通過したビーム束はマスクステージ 26 上のマスク 6 を照射する。この時の電流密度はビーム束の径を変えて制

御する。マスク 6 は穴開きマスク（シャドウマスク）である。このマスク 6 の電子ビーム像を縮小投影レンズ 29 が試料 14 上に縮小像として投影し、パターンの焼き付け（描画）をする。なお、本実施例では縮小投影レンズ 29 の縮小率は  $1/2$  と  $1/4$  の 2 段切り換えが可能である。

大偏向器 25 はマスク 6 上をビーム走査する。これに伴い、試料 14 面上の照射ビームも縮小率に応じた領域を走査することになる。この走査の過程で小偏向器 27 を用いて照射位置の補正を行う。これには第 7 図で説明したのと同様な補正方法を用いる。また、マーク走査のための小偏向にも小偏向器 27 を用いる。その際の反射電子信号は検出器 30 を用いて得る。なお、ビーム成形アパーチャ 24 を通過した電子ビーム 21 をそのままマスク 6 に照射するのではなく、ビーム成形レンズ 50 を用いてビーム成形アパーチャ 24 のアパーチャ像をマスク 6 上に投影させてもよい。

以上より、本実施例における電子光学系 32 を用いれば、試料 14 面上にマスク 6 の走査領域の

縮小像を描画できることがあった。マスク6の全部の領域のパターンを試料の全領域にわたって高精度に描画するには次の各動作が必要となる。

①偏向器の偏向歪の補正

②試料面の歪(変形)の測定と補正

③試料全面パターン描画

ここで、③の試料全面パターン描画は、制御用計算機40の制御下のマスクステージ制御部43の制御の下でマスクステージ駆動装置47、試料ステージ駆動装置49を用いてマスクステージ26、試料ステージ31を移動させながら行い、その際、マスクステージ用レーザ測長機46、試料ステージ用レーザ測長機48の情報をを用いる。以下、上記①、②、③の順に各動作について説明する。

①偏向器の偏向歪の補正:

大偏向器の偏向歪の補正方法を第3図を用いて説明する。第3図において、100はマスク6に設けた標準用パターン(開口)であり、その像110は試料14面上に投影される。第3図において第1図と同一部分又は相当部分には同一符号が

ある。このような偏向歪の測定を複数の測定点で行い、これをもとに大偏向器の偏向データを補正することで偏向歪の補正を行う。

小偏向器の偏向歪の補正は十分に公知の事実である。すなわち、試料14面上の標準マークを複数の個所に位置させ、その都度標準マーク検出とそれの際の試料ステージ用レーザ測長機48の測長情報を用いて偏向歪の測定をすることで実行する。

以上により、レーザ座標系を基準とした大・小偏向器25・27の偏向歪の補正が実現できた。

②試料面の歪(変形)の測定と補正:

第4図を用いて説明する。左上のチップマークを検出するには、第4図(a)に示すように、マスクパターン10内のマーク11と合わせマーク12を電子ビーム21のビーム軸上に位置させる。マーク11の縮小像を合わせマーク12と同形とすれば、チップ歪の分だけずれて両者は重なりあう。ここで小偏向器27を用いてマスクパターン10内のマーク11の像を小振幅で走査(マーク走査)して、このずれ量を測定する。同時に、検出器

付してある。最初に第4図(a)に示すようにマスクステージ制御部43で標準用パターン100をビーム軸上に位置させ、大偏向器25を用いて標準用パターン100上において小振幅の走査をする。電子ビーム21が標準パターン100上を横切る時点で検出器30は反射電子信号を得るため、走査信号と検出器30で得る信号とを用いて(通常のマーク検出と同様の方法で)ビーム軸と標準パターン100との精密な位置関係を知ることができる。この測定値M1と、その際のマスクステージ用レーザ測長機46の測長情報L1とを制御用計算機40が記憶する。次に第3図(b)に示すように標準用パターン100を所定の距離だけ移動させて、その際のマスクステージ用レーザ測長機46の測長情報L2を得る。大偏向器25により電子ビーム21を $L = L2 - L1 + M1$ の距離だけ偏向し、前述の小振幅走査を標準用パターン100上で行って、ビームの偏向位置と標準用パターン100とのずれM2を精密に測定する。ここで、ずれM2は距離Lだけ偏向した際の偏向歪で

30内の高さ検出器で合わせマーク12の周辺領域の高さを検出する。

次に右上のチップマークを検出するには、第4図(c)に示すように、マスクパターン10内の右上のマーク11と合わせマーク12を電子ビーム21のビーム軸上に位置させて前記の動作を繰り返す。以上を4つのチップマークで繰り返して試料面のチップの変形を測定する。この測定データを用いて次に述べるパターン描画時に小偏向器27で照射位置を補正しながら高精度な合わせ描画動作をする。

③試料全面パターン描画:

第4図(d)~(k)を用いて説明する。ここで、第4図(d)、(k)に示す350はマスクステージ26と試料ステージ31の両者(以下「ステージ」という)の連続移動とステップおよびリビートを繰り返して描画する単位描画領域であり、第4図(e)に示す400はチップマーク検出のためのステージのステップおよびリビートの経路を示しており、第4図(f)に示す410は1回のステージの連続移動

で描画するリビートを示す。第4図(f)~(i)に示す420はその際に試料面上で描画につれて拡大する領域の方向を示す矢印であり、第4図(f)に示す430および440は電子ビーム照射領域および電子ビームの走査経路である。第4図(e)はこの例で用いるマスクパターンであり、第4図(e)において、6はマスク、10はマスクパターン、11はマークである。

第4図(d)の単位描画領域350の描画の最初に、第4図(e)で示すように、経路400の順に次々にマークを検出し、最後に連続移動描画開始点にステージを位置させる。第4図(e)では、この時点で2つのチップの合わせ補正データを得ている。第4図(d), (e)において、12はマーク、13はマスクパターンの投影図形、14は試料である。次に第4図(f)で示すように、大偏向器25で電子ビーム21をマスク6上でラスタ走査しながらステージを移動する。この際、試料ステージ31の移動速度はマスクステージ26のM倍(Mは縮小投影レンズ29の縮小率)であり、また互いに移動方

向は異なる。ステージ移動誤差はマスクステージ用レーザー測長機46と試料ステージ用レーザー測長機48で実時間で測定されており、その結果はビーム位置に大偏向器25と小偏向器27を介して実時間でフィードバックされており、その結果、マスク6および試料14上の照射位置は十分高精度である。なお、マスク6上での電子ビーム21の走査方向はステージの移動方向にほぼ直角とし、電子ビーム21の照射時間に応じたステージ速度を設定している。このため、大偏向器25と小偏向器27のレーザー値に基づく補正量はステージの速度変動分の補正だけでよい。第4図(g), (h)で、この連続移動下での描画の様子を図示している。すなわち、電子ビーム21はマスク6上をθ方向に走査され、その間マスク6と試料14とは矢印421の方向へ送られる。第4図(h)に示すように、一定時間t秒後にはマスク6を走査した領域と試料14を描画した領域とが拡大している。この連続移動下での1回の描画で領域421の領域の描画をする。次に第4図(i)に示すように、ステージ

の移動方向を反転して同じ連続移動下での描画動作をする。以上の動作を繰り返して単位描画領域350の描画を終える。この描画の過程で試料のX, Y面における変形は、前述の方法で小偏向器27を用いて補正する。

補正式の一例を次に示す。

$$x = Lx + M(A1 + A2 \cdot X + A3 \cdot Y + A4 \cdot XY)$$

$$y = Ly + M(B1 + B2 \cdot X + B3 \cdot Y + B4 \cdot XY)$$

ここで、X, Yはマスクパターン10上の座標、x, yは小偏向器27の偏向で補正する補正量(試料14の座標で表わす)。また、Lx, Lyはレーザーフィードバック量でAi, Biは合わせ(マスク6と試料14の変形の補正)のための補正係数であり、Mは縮小投影レンズ29の縮小率である。

このほか、試料分の高さ方向(Z方向)の変形に応じて第1図に示す焦点補正レンズ28を用いてビームの焦点位置を実時間で補正する。以上の結果、微細なパターンを試料面の変形によらず高精度に描画できる。単位描画領域350の描画を

終えた後、次の単位描画領域の描画動作に入る。以上を繰り返して試料面全面の描画を終える。

次に相補マスクを用いて描画する例について説明する。この例では、第4図(j)で示す(451, 452)と(453, 454)の2組のマスクパターンより成る相補マスクを用い、まず、前述の方法で(451, 452)で単位描画領域350の領域に合わせ描画をする。次にステージ移動を行って、(453, 454)を用いて、再び同じ単位描画領域350の領域に合わせ描画をして、完全なパターンを転写する。

第5図は本発明の第2の実施例である。この実施例の場合は電子光学系32を3台並列に並べており、その各々にマスク6と試料14とを設置している。ここで、マスク6と試料用14のステージは各1台でよい。また、レンズおよび偏向器には静電形を用いているため、その駆動回路も1台ですむ。各電子光学系ごとに配備しているものは、第2照射レンズ23, 小偏向器27, 焦点補正レンズ28, 検出器30の制御あるいは駆動回路で

ある。

パターン描画においては、前記第1の実施例で述べた試料面の変形の測定から、試料全面の描画を各電子光学系で同時に行う。その結果、試料1枚あたりの処理時間が1/3となる。

以上、第1および第2の実施例を説明してきたが、これらの実施例の効果としては次のようなものがある。

- ① L S I パターンの縮小投影が可能であるため、今後の L S I パターンの微細化に対応できる。
- ② 描画の際にビーム偏向量を大きくする必要がないので、電子光学系の収差を小さく、かつ、大ビーム電流値を得ることができ、微細なパターンを高速に処理できる。
- ③ 少数の構成部の付加で電子光学系を複数化できるため、描画時間の短縮と試料面変形の測定等に必要時間の低減とが図れる。

なお、これまでの説明は電子ビームを用いるとして行ってきたが、電子ビームの代わりにイオンビームを用いてもよい。すなわち本実施例におい

高精度なパターン描画が可能であり、その際、連続移動方向とマスク走査方向がほぼ直角なため、ステージ移動に対する荷電ビーム照射位置の補正量が小さくて済む。

④ ビーム軸直下でのチップマーク検出を行えば、高精度なマーク検出が可能であり、その結果、高精度なパターン描画が可能である。

⑤ 複数の電子光学系を配備しているため、パターン描画時間のほかマーク検出時間等のむだ時間の低減が図れる。

#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明に係わる荷電ビーム投影露光装置の第1の実施例を示す構成図、第2図はその電子光学系を示す構成図、第3図は偏向歪の補正方法を説明するための説明図、第4図は試料面の歪(変形)の測定および補正の方法と試料面全面のパターン描画の方法を説明するための説明図、第5図は本発明に係わる荷電ビーム投影露光装置の第2の実施例を示す構成図、第6図は従来の電子光学系を示す構成図、第7図は従来の電子光学系

では、各種の荷電ビームを用いることができる。

(発明の効果)

以上説明したように本発明は、マスクを搭載するマスクステージと試料を搭載する試料ステージとを有する電子光学系を設けることにより、また、上記電子光学系に、マスクステージおよび試料ステージを連続的に移動させている間マスク上を荷電ビームで走査する装置を付加することにより、次に示す効果を生じる。

- ① パターンの縮小投影が可能であるため、微細なパターン描画が可能である。
- ② マスクと試料の各々にステージを持っているため、パターン描画のための偏向量は小さくても生産性を損なうことがなく、その結果、荷電ビーム電流を大きくし、かつ、ボケの小さい荷電ビーム投影像を得ることができるため、微細なパターンを生産性良く描画することができる。
- ③ マスクと試料の両方のステージの移動量をレーザ測長機で測長し、その結果をマスクおよび試料の荷電ビーム照射位置にフィードバックすれば、

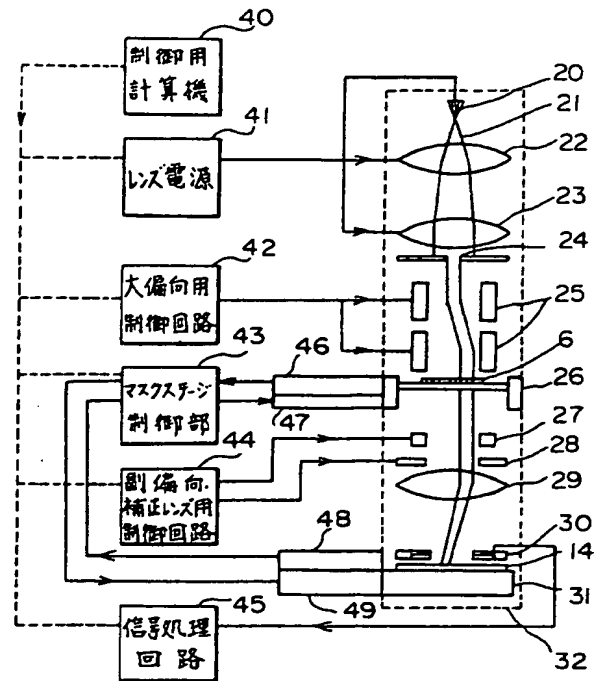
におけるパターン描画の例を示すパターン図、第8図は従来の装置においてマスクとそのパターンを試料面に転写した例を示すパターン図、第9図は従来の装置において1組の相補マスクを用いて転写した例を示すパターン図である。

6・・・マスク、14・・・試料、20・・・電子銃、21・・・電子ビーム、22、23・・・照射レンズ、24・・・ビーム成形アパーチャ、25・・・大偏向器、26・・・マスクステージ、27・・・小偏向器、28・・・焦点補正レンズ、29・・・縮小投影レンズ、30・・・検出器、31・・・試料ステージ、32・・・電子光学系、40・・・制御用計算機、41・・・レンズ電源、42・・・大偏向用制御回路、43・・・マスクステージ制御部、44・・・副偏向・補正レンズ用制御回路、45・・・信号処理回路、46・・・マスクステージ用レーザ測長機、47・・・マスクステージ駆動装置、48・・・試料ステージ用レーザ測長機、49・・・試料

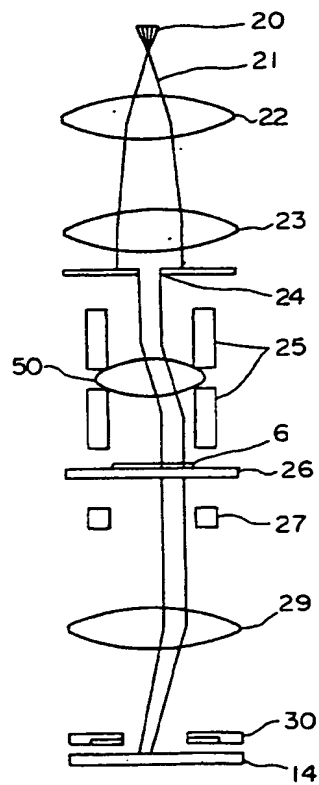
ステージ駆動装置、50、ビーム成形レンズ。  
ズ。

第1図

特許出願人 日本電信電話株式会社  
代理人 山川政樹(ほか1名)

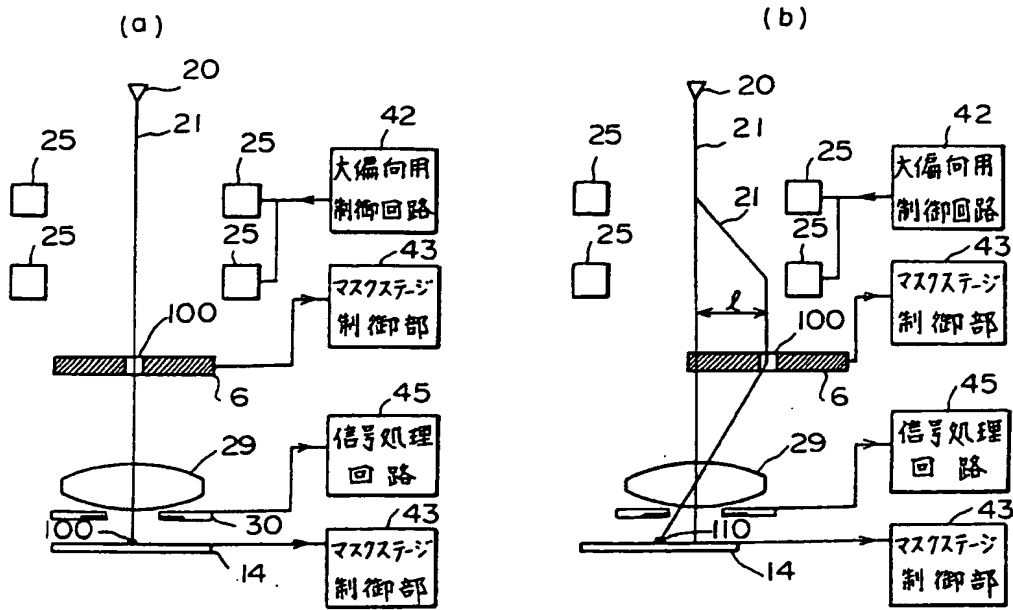


第2図

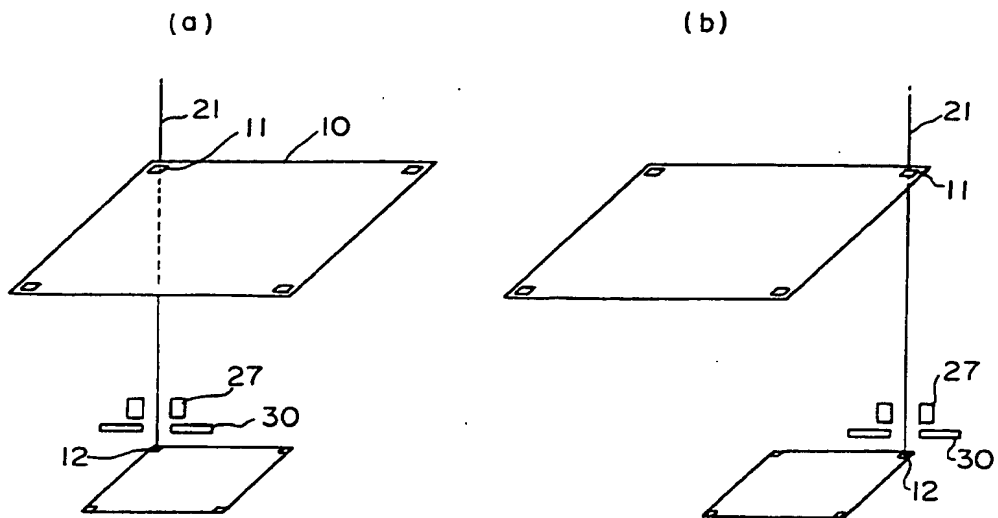




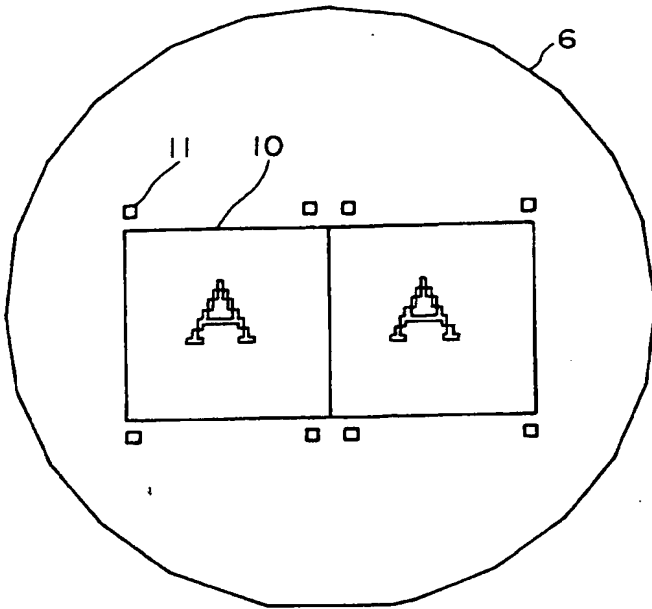
第3図



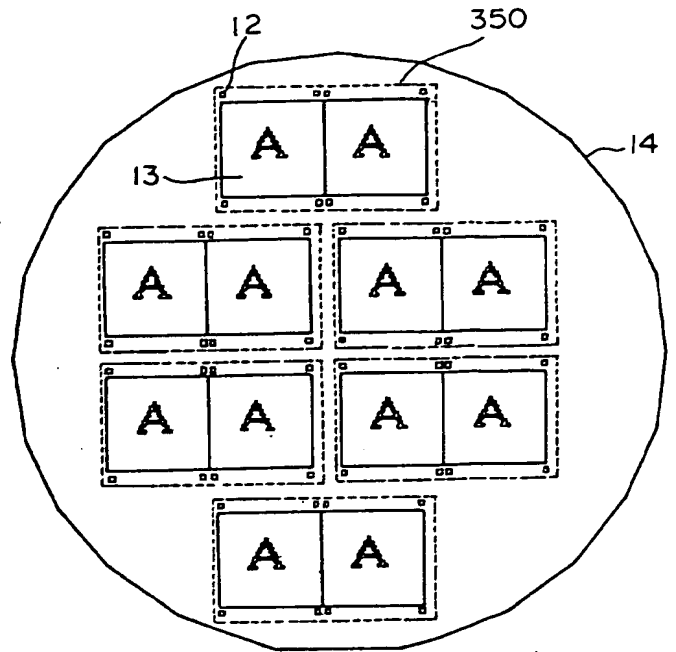
第4図



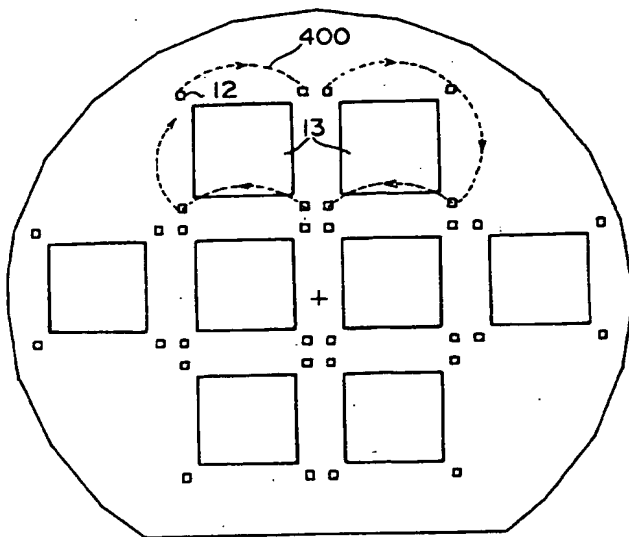
第4図 (c)



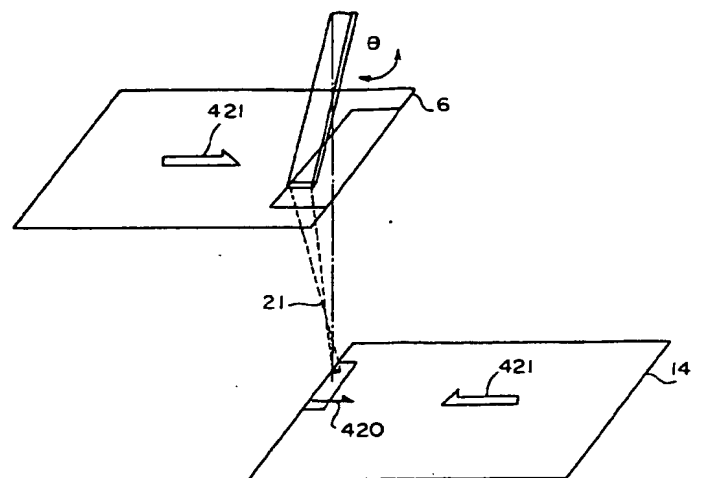
第4図 (d)



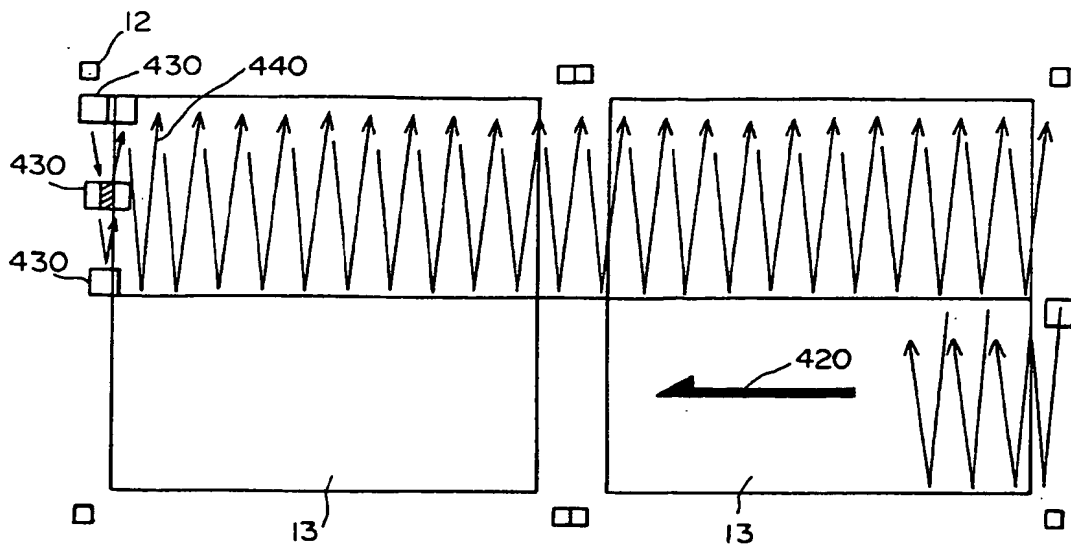
第4図 (e)



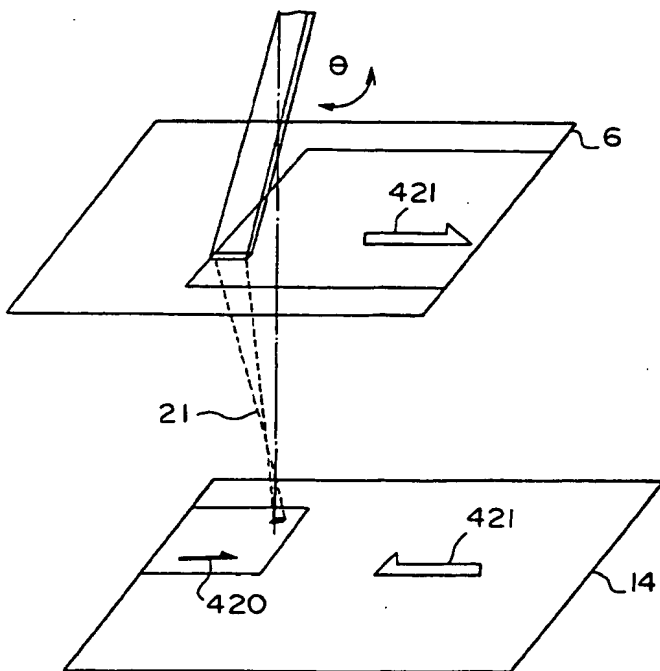
第4図 (g)



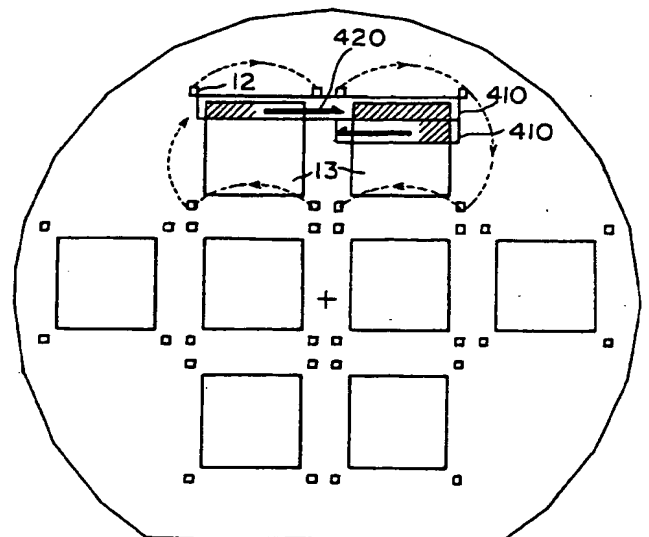
第4図 (f)



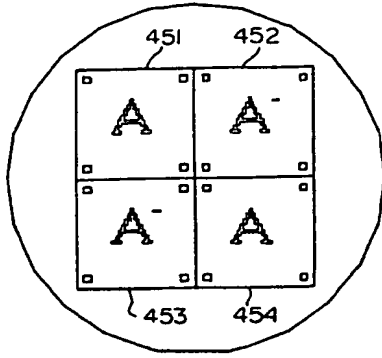
第4図 (h)



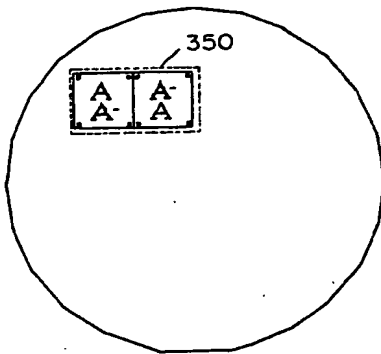
第4図 (i)



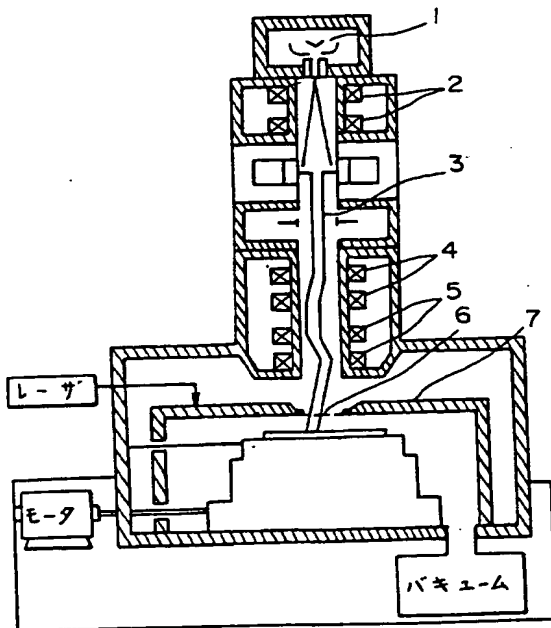
第4図 (j)



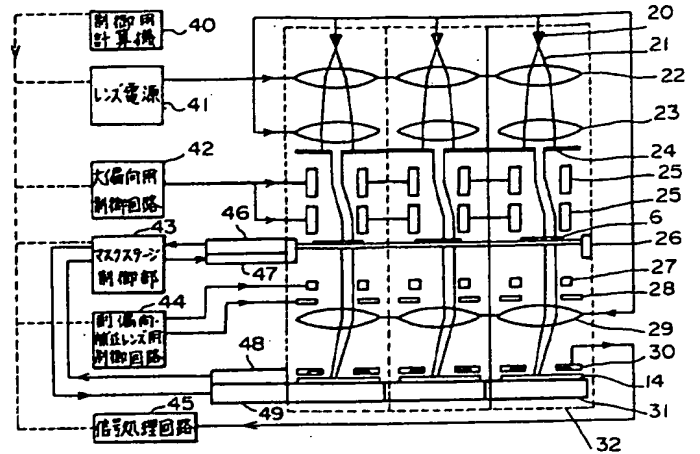
第4図 (k)



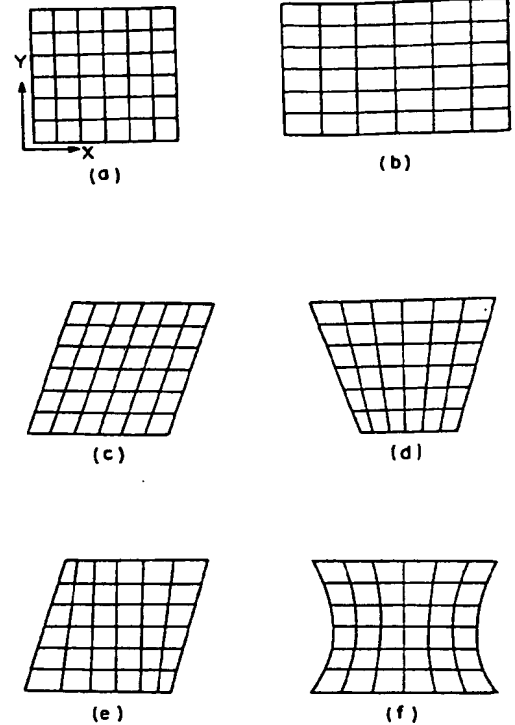
第6図



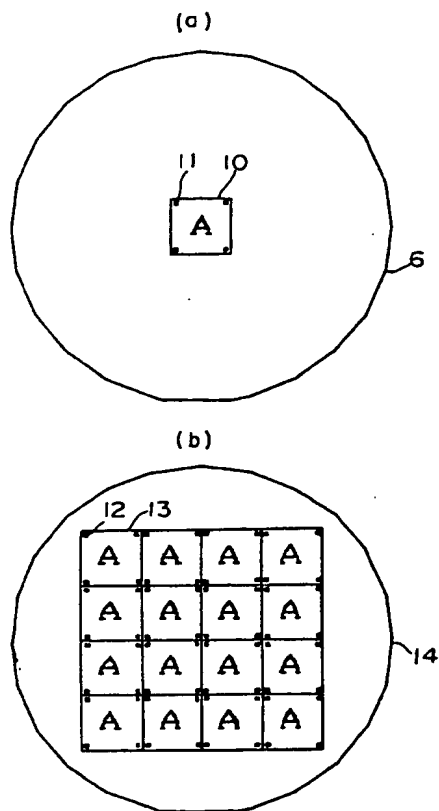
第5図



第7図



第8図



第9図 (a)

